

5

**Bezeichnung der Erfindung**

10

Pendelwälzlager und Käfig für das Pendelwälzlager

**Beschreibung**

15

**Gebiet der Erfindung**

Pendelwälzlager mit wenigsten einer ersten Reihe Wälzkörper und mit einer zu der ersten Reihe Wälzkörper benachbarten zweiten Reihe Wälzkörper.

**Hintergrund der Erfindung**

20

Die mit dem Begriff Pendelwälzlager bezeichneten Pendelrollenlager und Tonnenrollenlager werden in Anwendungen eingesetzt, bei denen ein Winkelfehler zwischen Gehäuse und Welle auszugleichen ist. Durch die Verwendung des Wälzkörpers Rolle mit Linienberührungen zwischen Außen- und Innenring sind 25 diese Lager für hohe Belastungen geeignet. Bei geringer Belastung auf das Wälzlager neigen die Rollen aufgrund des fehlenden Wälzkontakte zum Gleiten zwischen den Laufbahnen. Die Drehzahl des Käfigs mit den Wälzkörpern verringert sich zum Normalzustand unter Wälzkontakt. Bei schlagartigem Ansteigen der Belastung des Wälzlagers muss der Wälzkörper, der dann in den 30 Eingriff zwischen Außen- und Innenring kommt, den gesamten Käfig mit allen anderen Wälzkörpern innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde auf die richtige Drehzahl beschleunigen. Dieser Beschleunigungsvorgang erzeugt große Kräfte im Käfig. Der daraus resultierende Schlupf zwischen den beschleunigten Rollen

und den Laufbahnen des Außen- bzw. des Innenringes führt zu Beschädigungen der Wälzkörper und der Laufbahnen.

Das vorgenannte Problem tritt z. B. bei Anwendungen auf, bei denen im

5 Normalbetrieb die Wälzkörper nur gering belastet sind. Bei schlagartigen Erhöhungen der Belastung sind die Pendelwälzlager kurzzeitig Spitzenbelastungen ausgesetzt, die zu dem oben beschriebene Effekt führen können.

In der DE 8803970 U1 ist ein Radial-Wälzlagern beschrieben, in dem Rollen und

10 Kugeln als Wälzkörper gemeinsam eingesetzt werden. Das gattungsgemäße Pendelwälzlagern ist mit wenigsten einer ersten Reihe Wälzkörper und einer zu der ersten Reihe Wälzkörper benachbarten zweiten Reihe Wälzkörper versehen. Jede der Reihen weist umfangsseitig um eine Lagermittelachse des Pendelwälzlagers angeordnete Reihe mit Tonnenrollen auf. Außerdem ist in dem

15 Pendelwälzlagern eine Reihe Kugeln angeordnet. Durch die zusätzliche Reihe Kugeln soll in dem Lager nach DE 8803970 U1 die Tragzahl erhöht werden. Die Folgen aus kurzfristigen Lasterhöhungen sind mit dieser Ausführung nicht gelöst.

20 Die Kugeln in derartigen Lagern des Standes der Technik sind aufgrund ihrer punktförmigen Kontaktfläche zu den Laufbahnen während des Betriebes des Pendelwälzlagers bestrebt, eine kinematisch optimale Position einzunehmen. Das führt in der Regel zu axialen Zwangsbewegungen an den Kugeln. Die Kugeln stützen sich dadurch insbesondere seitlich in den Käfigtaschen gegen die

25 Kräfte aus den Zwangsbewegungen ab. Erhöhte Reibung, verbunden mit höheren Betriebstemperaturen und Verschleiß in den Kugeltaschen sind die Folge. Die Halterungen der Kugeln in den Taschen sind gefährdet und verschleißt unter Umständen vorzeitig. Ein in DE 8803970 U1 beschriebener Käfig ist aufgrund der axial zwischen den Taschen für die Rollen gelegenen Kugeltaschen

30 nur relativ aufwändig herzustellen.

### Zusammenfassung der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Pendelwälzlager und einen Käfig

5 für das Pendelwälzlager zu schaffen, mit dem die vorstehend beschriebenen Nachteile vermieden werden.

Die Aufgabe der Erfindung ist nach dem Gegenstand des Anspruches 1 und weiteren Ausgestaltungen der Erfindungen gemäß der abhängigen Ansprüche

10 gelöst. Das Pendelwälzlager ist mit wenigsten einer ersten Reihe Wälzkörper und mit einer zu der ersten Reihe Wälzkörper benachbarten zweiten Reihe Wälzkörper versehen. Jede der Reihen weist umfangsseitig um die Lagermittelachse des Pendelwälzlagers angeordnete Kugeln und Tonnenrollen oder anders sphärisch gestaltete Rollen auf. Dabei ist es denkbar, dass sich in Um-  
15 fangsrichtung jeder der Rollen eine der Kugeln anschließt. Alternativ sind die Kugeln in Umfangsrichtung durch zwei oder mehr der Rollen voneinander getrennt.

Die Kugeln sind dabei mit einem allen Kugeln in dem Lager gemeinsamen gleichen Nenndurchmesser versehen. Der innerhalb der zulässigen Toleranz des Durchmessers der Kugeln kleinste Außendurchmesser der Kugeln ist größer als ein größter Außendurchmesser der Tonnenrollen. Dabei weisen die Rollen einen allen Rollen in dem Lager gemeinsamen Nenndurchmesser auf. Der größte Außendurchmesser der Rollen ist der innerhalb der Toleranz vom  
25 Nenndurchmesser der Rollen abweichende größte Durchmesser.

Jede gedachte, zu der Lagermittelachse konzentrische sowie kreisringförmig um die Mittelachse gelegte und mittig durch die Kugeln verlaufende erste Wälzkontaktebene der Kugeln pro Reihe und jede gedachte, zu der Mittelachse  
30 konzentrische, sowie die Rollen an dem größten Außendurchmesser schneidende zweite Wälzkontaktebenen der Rollen pro Reihe sind in jeder der Reihen längs der Lagermittelachse zueinander axial beabstandet. Vorzugsweise liegen sich die ersten Wälzkontaktebenen der Kugeln von Reihe zu Reihe einander

axial näher, als die zweiten Wälzkontaktebenen der Rollen von Reihe zu Reihe. Dadurch sind die ersten Wälzkontaktebenen der Kugeln längs der Mittelachse und somit axial zwischen den zweiten Wälzkontaktebenen der Tonnenrollen angeordnet. Je näher die Wälzkontaktebenen der zueinander benachbarten Kugelreihen in Richtung der Quermittelebene des Lagers aufeinander zu gerückt sind, um so geringer sind die Zwangskräfte auf die Kugeln. Durch, dass die Kugeln und die Rollen umfangsseitig zusammen jeweils in einer Reihe liegen, ist der Käfig einfacher herzustellen und das Lager ist insgesamt schmäler und somit leichter sowie kostengünstiger herzustellen.

10

Die Kugeln tragen die Radiallast bei einer geringen Belastung des Lagers alleine. Bei höheren oder Spitzenbelastungen tragen die Rollen mit. Durch die Punktberührungen zwischen Laufbahn und Kugel treten höhere Hertz'sche Pressungen auf, als bei einer Linienberührungen zwischen Rolle und Laufbahn. Die vergleichsweise höhere Pressung im Wälzkontakt mit den Kugeln bei geringer Last führt zu geringerem Schlupf zwischen den Wälzkörpern. Mischreibung oder Festkörperreibung im Kontakt zwischen den Laufbahnen und den Wälzkörpern sind vermieden. Vergrößert wird dieser Effekt noch dadurch, dass nur die Kugeln und somit nicht die gesamte Anzahl der Wälzkörper im Eingriff sind. 20 Die Last verteilt sich damit auf weniger Wälzkörper, wodurch die Pressungen im Wälzkontakt erhöht sind. Der Rollenkranz, bestehend aus Rollen und Käfig wird durch die Kugeln bei geringer Last mitgeschleppt.

Im Moment der Lastspitze werden die minimal größeren und in der Lastzone befindlichen Kugeln entsprechend ihrer Federkennlinie elastisch soweit verformt, dass die Rollen mittragen. Damit wird verhindert, dass Pressungen im Lager entstehen, die zu einer plastischen Verformung der Kugeln und der Laufbahnen im Wälzkontakt mit den Kugeln führen würden. Die schlagartigen Beschleunigungs Kräfte auf den Rollenkranz sind vermieden, da der Rollenkranz schon durch die Rollen in die Betriebsdrehzahl versetzt ist. Der Nenndurchmesser der Kugeln ist vorzugsweise in einem Bereich von 0,005 % bis 0,4 % vom größten Nenndurchmesser der Rollen größer als der Durchmesser der Rollen.

Die Erfindung sieht mit einer Ausgestaltung einen Käfig für mindestens eine der Reihen des Pendelwälzlagers vor. Bevorzugt ist jedoch ein Käfig eingesetzt, der gleichzeitig beide Reihen führt. Der Käfig weist Kugeltaschen mit jeweils einer seitlichen Öffnung auf. Der Fachwelt ist dieser Käfig auch als Kamm- oder Doppelkammkäfig bekannt. Jede der Öffnungen der Taschen einer Reihe ist an einer von der anderen der Reihen abgewandten Seite des Käfigs ausgebildet. Das in Umfangsrichtung des Lagers tangentiale freie Öffnungsmaß der Öffnung ist kleiner als der Außendurchmesser der Kugel, so dass die Kugel auch seitlich an der Öffnung in der Tasche zurückgehalten ist. Die Öffnung ist auch beim Einschnappen der Kugeln von außen in den Käfig dienlich, da die umfangsseitig der Tasche nicht geschlossene Tasche weiter elastisch auffedert und die Einschnappkräfte dadurch geringer sind. Der Schnappbord ist damit gegen Beschädigung bei der Montage der Kugeln in den Käfig geschützt.

15 Jede der Kugeltaschen weist bevorzugt jeweils einen Bord an einem radial nach außen gewandten Rand auf. Der größte freie Abstand zumindest zwischen in Umfangsrichtung einander tangential gegenüberliegenden und dabei am weitesten voneinander entfernten Abschnitten des Bordes ist kleiner als die Summe aus dem Außendurchmesser der Kugel in der Tasche zuzüglich eines größtmöglichen Bewegungsspieles in der Tasche. Das Bewegungsspiel ist ein freier Abstand zwischen der Tasche und der jeweiligen Kugel in der Tasche radial unterhalb des Bordes. Der Bord umgreift somit die Kugel oberhalb des Teilkreisdurchmessers der Kugelreihe. In den größten freien Abstand zwischen den Abschnitten des Bordes ist auch ein größtmögliches freies Bewegungsspiel zwischen der Kugel in der Tasche und dem Bord einbezogen, so dass die Kugel in der Tasche zum Bord um das Bewegungsspiel frei beweglich aber von dem Bord radial nach außen gehalten ist.

20 25 30 Vorzugsweise ist der gesamte radial nach außen gerichteten Rand jeder der Kugeltaschen durch den Bord begrenzt. Der Bord erstreckt sich somit von einem Ende der Tasche an der Öffnung um die Kugel herum bis an das an der gegenüberliegende Ende der Tasche an der Öffnung.

Der Bord weist gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung einen der Kugel in der Tasche zugewandten und die Kugel teilweise bis zur Öffnung umfangsseitig umfassenden innere Flächenabschnitt eines Kreiszylinders auf. Der 5 Flächenabschnitt ist durch Radius beschrieben. Die quer zum Radius gerichtete Höhe des Flächenabschnittes nimmt von der von der Öffnung am weitesten Seite der Tasche in Richtung der Öffnung zu.

10

### **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Nachfolgend werden anhand der Figuren 1 bis 10 weitere Ausgestaltungen der Erfindung und Ausführungsbeispiele zur Erfindung näher erläutert. Es zeigen 15 im einzelnen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines Pendelwälzlagers in einer teilweise geschnittenen Gesamtansicht,

20 Figur 2a, 2b Teilschnitte durch das Pendelwälzlager nach Figur 1,

Figur 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Pendelwälzlagers in einem Teilschnitt,

25 Figur 4 eine Teilansicht des Käfigs des Pendelwälzlagers nach Figur 3

30 Figur 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Pendelwälzlagers in einem Längsschnitt

**Figur 6 bis 8**

Einzelheiten der Ausführung einer Kugeltasche eines Ausführungsbeispiels der Erfindung und die

**5      Figuren 9 und 10**

eine schematische Darstellung der Größenverhältnisse zwischen Tonnenrollen und Kugeln im Vergleich.

**10****Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen**

In Figur 1 ist eine bevorzugte Ausführungsform eines Pendelwälzlagers 1 gezeigt. Das Pendelwälzlager 1 ist mit einem Außenring 2, einem Innenring 3 und mit zwischen dem Außen- und Innenring angeordneten Wälzkörpern 11 versehen. Die Wälzkörper 11 sind als Kugeln 5 und als Rollen 6 ausgebildet und sind von einem gemeinsamen Käfig 4 geführt. In weiteren Anwendungen ist jedoch auch ein geteilter Käfig vorstellbar, der jede Reihe 9 und 10 der Wälzkörper 11 einzeln führt.

20      Die Kugeln 5 sind im Durchmesser minimal größer als die Rollen 6. Die Rollen 6 und Kugeln 5 sind jeweils in einer der Reihen 9 und 10 in Umfangsrichtung abwechselnd angeordnet, so dass zu jeder der Kugeln 5 in einer der Reihen 9 und 10 in Umfangsrichtung des Pendelwälzlagers 1 eine der Rollen 6 benachbart ist. Außerdem ist zu jeder der Kugeln 5 der ersten Reihe 9 eine Lücke 12 zwischen einer Kugel 5 und einer Rolle 6 der zweiten Reihe 10 benachbart. Bei der Dimensionierung des Durchmessers der Kugeln 5 sowie des Durchmessers 8 der Rollen 6 ist darauf zu achten, dass bei einer geringen Wälzlagerbelastung die Rollen zwischen zwei benachbarten Kugeln im Wälzkontakt nicht beide Laufbahnen 13 und 14 gleichzeitig berühren. Bei einer ersten geringen Lagerbelastung tragen nur die Kugeln 5 die Last, während die Rollen 6 sich unbelastet abwälzen.

25      Bei der Auslegung des Durchmesserunterschiedes 7 (Figur 2a) von der Kugel 5

Bei der Auslegung des Durchmesserunterschiedes 7 (Figur 2a) von der Kugel 5

zur Rolle 6 ist darauf zu achten, dass bei einer möglichen zweiten und dabei bis zur maximalen Lagerlast anwachsenden Lagerlast des Pendelwälzlagers 1 die Kugeln 5 sich nicht plastisch deformieren. Ein mögliches praktisches Maß für den Durchmesserunterschied 7 zwischen der größeren Kugel 5 und der kleinen Rolle 6 ist z. B. ein Maß von zwei Hundertsteln eines Millimeters.

Eine weitere nicht dargestellte Ausführungsform sieht vor, dass zwischen zwei Kugeln mehrere Rollen angeordnet sind. Hierbei ist zu beachten, dass mit abnehmender Anzahl der tragender Kugeln 5 in der Lastzone des Lagers bei der ersten Lagerbelastung, das Pendelwälzlag 1 und eine mittels des Pendelwälzlagers 1 gelagerte Welle zunehmend radial unruhiger läuft.

In den Figuren 2a und 2b ist das Pendelwälzlag 1 in Teilschnitten gezeigt. In der Figur 2a ist die tragende Kugel 5 bei einer ersten Lagerbelastung von so geringer Größe dargestellt, dass nur die Kugeln 5 tragen. In der Figur 2b ist der Kontakt einer nicht tragenden Rolle 6 bei der ersten Lagerbelastung dargestellt. Der Durchmesserunterschied 7 ist in dieser Darstellung übertrieben groß und somit nicht maßstäblich dargestellt.

Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Pendelwälzlagers 15 mit einem einteiligen Käfig 16, der gleichzeitig eine erste Reihe 9 und eine zweite Reihe 10 Wälzkörper 11 führt. Jede der Wälzkörperreihen 9 und 10 läuft an einer gemeinsamen äußeren Laufbahn 14 ab. Jeder der Reihen 9 und 10 ist jeweils am inneren Lagerring eine separate innere Laufbahn 13 zugeordnet.

Wie insbesondere aus einer Darstellung des Käfigs 16, als vom Pendelwälzlag 15 losgelöstes Einzelteil, und der Anordnung der Taschen 18 und 19 nach Figur 4 ersichtlich ist, ist zu jeder der Kugeln 5 der ersten Reihe 9 eine Rolle 6 der zweiten Reihe 10 benachbart. Die Rollentaschen 18 und die Kugeltaschen 19 einer jeden der Reihen 9 und 10 weisen an den seitlichen Stirnseiten des Käfigs 16 Öffnungen 20 bzw. 21 auf, wobei die Öffnungen 20 und 21 einer der Reihen 9 oder 10 gemeinsam an einer von der anderen der Reihen 9 oder 10 abgewandten Seite der Taschen 18 und 19 ausgebildet sind.

Figur 5 zeigt ein Pendelwälzlager 22 mit dem Käfig 16, mit den Kugeln 5 und mit den Rollen 6. Die gedachten Wälzkontaktebenen 23 der Kugeln 5 sowohl der ersten Reihe 9 als auch der zweiten Reihe 10 sind axial zwischen den Wälzkontaktebenen 24 der Rollen 6 der ersten Reihe 9 und der zweiten Reihe 10 angeordnet. Folglich sind die Wälzkreisebenen 23 in einer der Reihen 9 oder 10 zu den Wälzkreiskreisebenen 24 in der selben Reihe 9 oder 10 axial beabstandet. Die Wälzkontaktebenen 23 sind kreisringförmig ausgebildet und dabei radial nach außen durch den äußeren um die Kugeln 5 gelegten Wälzkreis 23a und radial nach innen durch den von den Kugeln 5 umfassten Hüllkreis 23b begrenzt. Die Wälzkontaktebenen 23 sind zu einer durch den Hüllkreis 23b gelegten Radialebene  $R_1$  geneigt. Die Wälzkontaktebenen 24 der Rollen 6 sind kreisringförmig ausgebildet und dabei radial nach außen durch den äußeren um die Rollen 6 gelegten Wälzkreis 24a und radial nach innen durch den von den Rollen 6 umfassten Hüllkreis 24b begrenzt. Die Wälzkontaktebenen 24 sind zu einer durch den Hüllkreis 24b gelegten Radialebene  $R_2$  geneigt.

Die Figuren 6 bis 8 zeigen Details der Kugeltasche 19, wie diese vorzugsweise an den Käfigen 4 und 16 ausgebildet ist. Das tangentiale freie Öffnungsmaß 25 zwischen den einander in Umfangsrichtung um die Mittelachse des Lagers tangential gegenüberliegenden Enden 19a und 19b der Tasche 19 ist kleiner als der innerhalb der Durchmessertoleranz der Kugeln 5 kleinste Außendurchmesser 28 der Kugel 5. Der radial nach außen gewandte Rand 19c der Tasche 19 geht in einen Bord 26 über. Zumindest der tangential in Umfangsrichtung des Käfigs 4, 16 größte und durch das Zweifache des Radius 27 beschriebene freie Abstand der einander gegenüberliegenden Flächenabschnitte 26a ist kleiner als die Summe aus dem zweifachen des Radius 29. Der Radius 29 entspricht der Summe aus dem Außendurchmesser 28 und dem Bewegungsspiel 30. Der Radius 27 schließt dabei das Bewegungsspiel 31 zwischen der Kugel 5 und dem Bord 26 mit ein.

Der der Kugel 5 zugewandte Flächenabschnitt 26a des Bordes 26 ist ein Flächenabschnitt eines Kreiszylinders, der durch den Radius 27 beschrieben ist.

Der Radius 27 geht dabei von einer Achse 31 aus, die in der Wälzkontaktebene 23 liegt und die durch den Mittelpunkt 32 der Kugel 5 gelegt ist. Die zum Radius 27 quer gerichtete Höhe  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  zwischen den Körperkanten 39 und 40 nimmt, ausgehend von einer zur Öffnung 21 am weitesten beabstandeten Seite 5 26b des Bordes 26 in Richtung der Enden 19a,b, bis auf die maximale Höhe  $H_x$  zu. Dem Bord 26 schließt sich radial nach innen ein Flächenabschnitt 19d einer Innenfläche der Tasche mit dem Radius 29 an.

Figur 9 zeigt einen schematisch sowie übertrieben und nicht maßstäblich dargestellten Idealzustand der Anordnung und Größenverhältnisse von Rollen 6 10 und Kugeln 5 in einem Pendelwälzlager. Der innerhalb der Toleranzen vom Nennmaß einer Kugelabmessung kleinstmögliche Außendurchmesser 28 der Kugeln 5 ist größer als der innerhalb der Toleranzen einer Rollenabmessung größtmögliche Außendurchmesser 8 der Rolle 6. Die Rollen 6 und Kugeln 5 15 sind mit gleichmäßiger Teilung T zueinander am Umfang des Pendelwälzlagers angeordnet. Jeweils eine Kugel 5 ist umfangsseitig zu einer Rolle 6 benachbart. Der Abstand 33 im Bogenmaß zwischen zwei umfangsseitig aufeinander folgenden und dabei durch eine der Rollen 6 voneinander getrennten Kugeln ist so klein, dass der radiale Abstand 34 zwischen der Rolle 6 und der Laufbahn 20 13 verbleibt. Der radiale Abstand 34 ist zwischen der dabei im Scheitelpunkt 35 einer Lastzone 36 liegenden Rolle 6 und der inneren Laufbahn 13 ausgebildet. Die Lastzone 36 ist in Figur 9 schematisch durch die Linie 36a beschrieben, die ohne Zahlenangabe in dem Scheitelpunkt 35 den höchsten Wert der Hertz'schen Pressung indiziert.

25

In Figur 10 ist der Abstand 37, abweichend zur Erfindung, im Bogenmaß zwischen den Kugeln 5 zu groß, so dass aufgrund des axialen Durchhanges 38 der Laufbahn 13 und ggf. aufgrund zu hoher elastischer Verformung der Kugeln 5 unter einer ersten Lagerlast der radiale Abstand zwischen den Laufbahnen 30 13 und 14 dem Durchmesser 8 der Rolle 6 entspricht oder kleiner ist als dieser.

**Bezugszeichen**

1	Pendelwälzlager	23a	Wälzkreis
2	Außenring	23b	Hüllkreis
3	Innenring	24	Wälzkontaktebene
4	Käfig	24a	Wälzkreis
5	Kugel	24b	Hüllkreis
6	Rolle	25	Öffnungsmaß
7	Durchmesserunterschied	26	Bord
8	Durchmesser	26a	Flächenabschnitt
9	erste Reihe	26b	Seite
10	zweite Reihe	27	Radius
11	Wälzkörper	28	Außendurchmesser
12	Lücke	29	Radius
13	innere Laufbahn	30	Bewegungsspiel
14	äußere Laufbahn	31	Achse
15	Pendelwälzlager	32	Mittelpunkt
16	Käfig	33	Abstand
17	äußere Laufbahn	34	Abstand
18	Rollentasche	35	Scheitelpunkt
19	Kugeltasche	36	Lastzone
19a	Ende	36a	Linie
19b	Ende	37	Abstand
19c	Rand	38	Durchhang
19d	Flächenabschnitt	39	Körperkante
20	Öffnung	40	Körperkante
21	Öffnung		
22	Pendelwälzlager		
23	Wälzkontaktebene		

5

**Patentansprüche**

10

1. Pendelwälzlager (1, 15, 22) mit wenigstens einer ersten Reihe (9) Wälzkörper (11) und mit einer zu der ersten Reihe (9) Wälzkörper (11) benachbarten zweiten Reihe (10) Wälzkörper (11), wobei jede der Reihen (9, 10) umfangsseitig um eine Mittelachse des Pendelwälzlagers (1, 15, 22) angeordnete Kugeln (5) und Rollen (6) aufweist und dabei die Kugeln (5) einen kleinsten Außendurchmesser (28) aufweisen, der größer ist als ein größter Außendurchmesser (8) der Rollen (6), das Pendelrollenlager (1, 15, 22) weiter mit je einer gedachten, zu der Mittelachse konzentrischen und mittig durch die Kugeln (5) verlaufenden ersten Wälzkontaktebene 23 der Kugeln (5) pro Reihe (9, 10) und mit je einer gedachten, zu der Mittelachse konzentrischen, sowie die Rollen (6) an dem größten Außendurchmesser (8) schneidenden zweiten Wälzkontaktebene (24) der Rollen (6) pro Reihe (9, 10), wobei in jeder der Reihen (9, 10) die erste Wälzkontaktebene (23) längs der Lagermittelachse zu der zweiten Wälzkontaktebene (24) beabstandet ist.
2. Pendelwälzlager (1, 15, 22) nach Anspruch 1, bei dem sich die ersten Wälzkontaktebenen (23) von Reihe (9, 10) zu Reihe (9, 10) einander axial näher liegen als die zweiten Wälzkontaktebenen (24) von Reihe (9, 10) zu Reihe (9, 10), wodurch die ersten Wälzkontaktebenen (23) axial zwischen den zweiten Wälzkontaktebenen (24) angeordnet sind.

3. Pendelwälzlager (1, 15, 22) nach Anspruch 1, mit einer ersten Lagerbelastung, bei der ein in die Kugeln (5) am Außendurchmesser (28) der Kugeln (5) umgreifender erster Wälzkreis (23a) pro Reihe größer ist als ein die Rollen (6) am größten Außendurchmesser (8) der Rollen (6) umgreifender zweiter Wälzkreis (24a) pro Reihe (9, 10) und mit einer zweiten Lagerbelastung, bei der der erste Wälzkreis (23a) und der zweite Wälzkreis (24a) gleich groß sind und dabei zumindest die Kugeln (5) elastisch wenigstens radial eingefedert sind, wobei die zweite Lagerlast größer als die erste Lagerlast ist.  
10
4. Pendelwälzlager (1, 15, 22) nach Anspruch 1 oder 3, bei dem pro Reihe (9, 10) in Umfangsrichtung um die Mittelachse jeweils eine der Kugeln (5) zu einer der Rollen (6) benachbart ist.
- 15 5. Pendelwälzlager (1, 15, 22) nach Anspruch 3, bei dem die Kugeln (5) einen kleinstmöglichen Außendurchmesser der Kugeln (28) und die Rollen (6) einen größtmöglichen Außendurchmesser (8) der Rollen (6) in jeder der Reihen (9, 10) aufweisen und bei dem in jeder der Reihen (9, 10) jeweils ein größter Abstand (33) im Bogenmaß zwischen zwei umfangs-  
20 seitig aufeinanderfolgenden und dabei umfangsseitig durch mindestens eine der Rollen (6) voneinander getrennten der Kugeln (5) mindestens so klein ist, dass in einem Scheitelpunkt (35) einer Lastzone (36) aus einer höchsten der ersten Lagerbelastung zwischen einer inneren Laufbahn (13) des Pendelwälzlers (1, 15, 22) und einer äußeren Laufbahn (14) des Pendelwälzlers (1, 15, 22) ein radialer Abstand (34) verbleibt, der größer ist als der größte Außendurchmesser (8) der Rollen (6), wobei die Wälzkörper (11) radial zwischen den Laufbahnen (13, 14) angeordnet sind.  
25
- 30 6. Pendelwälzlager (1, 15, 22) nach Anspruch 1, 3 oder 5, mit einem Käfig (4, 16) wobei die erste Reihe (9) und die zweite Reihe (10) in dem Käfig (4, 16) gemeinsam geführt sind.

7. Pendelwälzlager (15, 22) nach Anspruch 1, 3 oder 5, mit einem Käfig (16) wobei die erste Reihe (9) und die zweite Reihe (10) in dem Käfig (16) gemeinsam geführt sind und wobei jeweils zu einer Kugel (5) der ersten Reihe (9) eine Rolle (6) der zweiten Reihe (10) benachbart ist.  
5
8. Pendelwälzlager (1) nach Anspruch 1, 3 oder 5, mit einem Käfig (4), wobei die erste Reihe (9) und die zweite Reihe (10) in dem Käfig (4) gemeinsam geführt sind und wobei jeweils zu einer Kugel (5) der ersten Reihe (9) eine umfangsseitige Lücke (12) in der zweiten Reihe (10) zwischen einer Rolle (6) und einer Kugel (5) benachbart ist.  
10
9. Käfig (4, 16) für mindestens eine der Reihen (9, 10) des Pendelwälzlers (1, 15, 22) nach Anspruch 1, der Kugeltaschen (19) mit jeweils einer seitlichen Öffnung (21) aufweist, wobei jede der Öffnungen (21) an einer von der anderen der Reihen (9, 10) abgewandten Seite des Käfigs (4, 16) ausgebildet ist und wobei ein in tangentiale Richtung freies Öffnungsmaß (25) der Öffnung (21) kleiner ist als der Außendurchmesser (28) der Kugel (5).  
15
10. Käfig nach Anspruch 9, mit jeweils einem Bord (26) an einem radial nach außen gewandten Rand ((19c) jeder der Kugeltaschen (19), wobei der größte freie Abstand zumindest zwischen in Umfangsrichtung einander tangential gegenüberliegenden und dabei am weitesten voneinander entfernten Abschnitten des Bordes (26) kleiner ist als der Außendurchmesser (28) der Kugel (5) in der Tasche (19) zuzüglich eines größtmöglichen in Richtung der Tasche (19) freien Bewegungsspieles (30) zwischen der Tasche (19) und der jeweiligen Kugel (5) radial unterhalb des Bordes (26) und wobei der größte freie Abstand ein größtmögliches freies Bewegungsspiel (31) zwischen der Kugel (5) und dem Bord (26) einschließt.  
20
- 25
- 30

11. Käfig (4, 16) nach Anspruch 10, bei dem der Rand (19c) jeder der Kugeltaschen (19) durch den den sich bis an die Öffnung (21) erstreckenden Bord (26) gebildet ist.

5 12. Käfig (4, 16) nach Anspruch 11 , bei dem der Bord (26) einen der Kugel (5) in der Tasche (19) zugewandten und die Kugel (5) teilweise bis zur Öffnung (21) umfangsseitig umfassenden innere Flächenabschnitt (26a) eines Kreiszylinders aufweist, wobei der Flächenabschnitt (26) durch einen Radius (27) beschrieben ist.

10

13. Käfig nach Anspruch 12, dessen Flächenabschnitt (26a) von zwei Körperkanten begrenzt ist, wobei die Körperkanten (39, 40) der Kugel (5) in der Tasche (19) zugewandt sind und die Kugel (5) dabei teilweise bis zur Öffnung (21) umfassen und wobei die Körperkanten (39, 40) an der Öffnung (21), quer zu dem Radius (27) betrachtet, am weitesten voneinander entfernt sind und mit zunehmendem Abstand von der Öffnung (21) weg, sich, quer zu dem Radius (27) betrachtet, einander nähern.

15

1/5

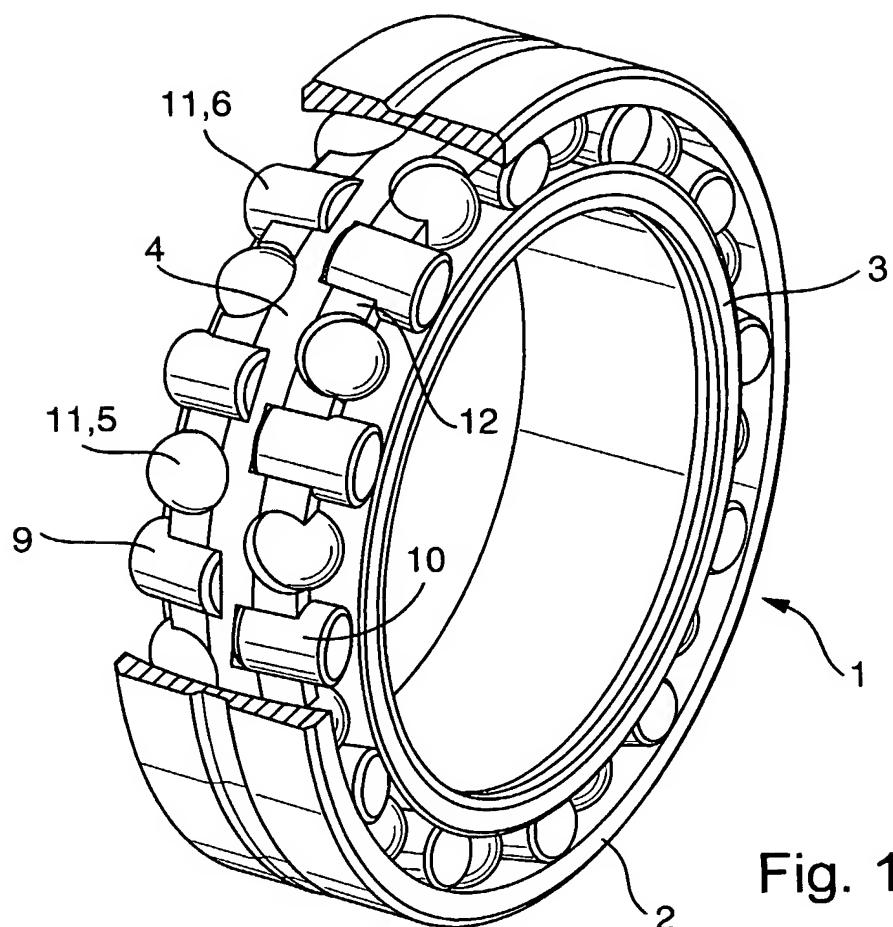


Fig. 1

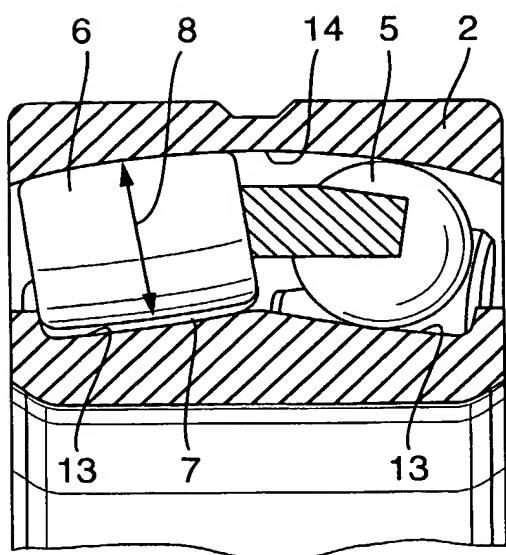


Fig. 2a

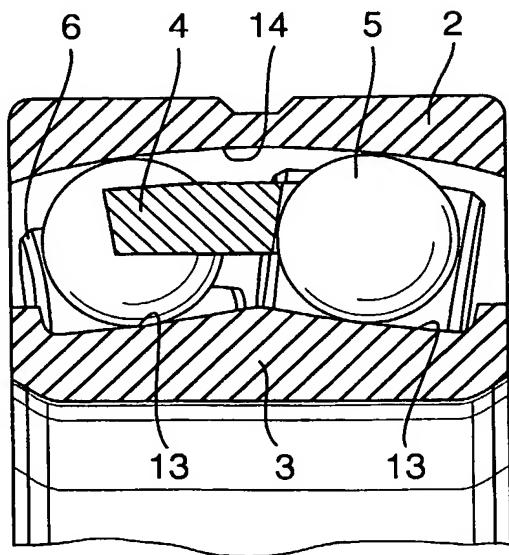


Fig. 2b

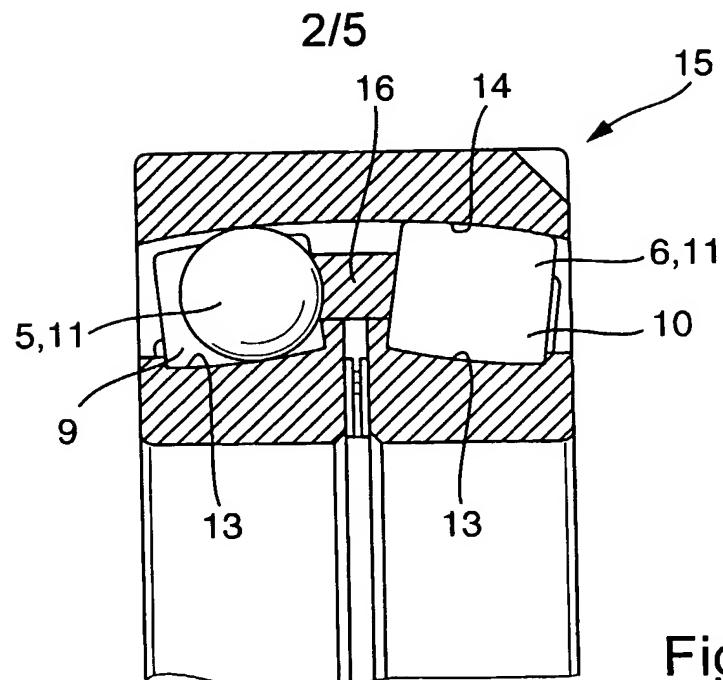


Fig. 3

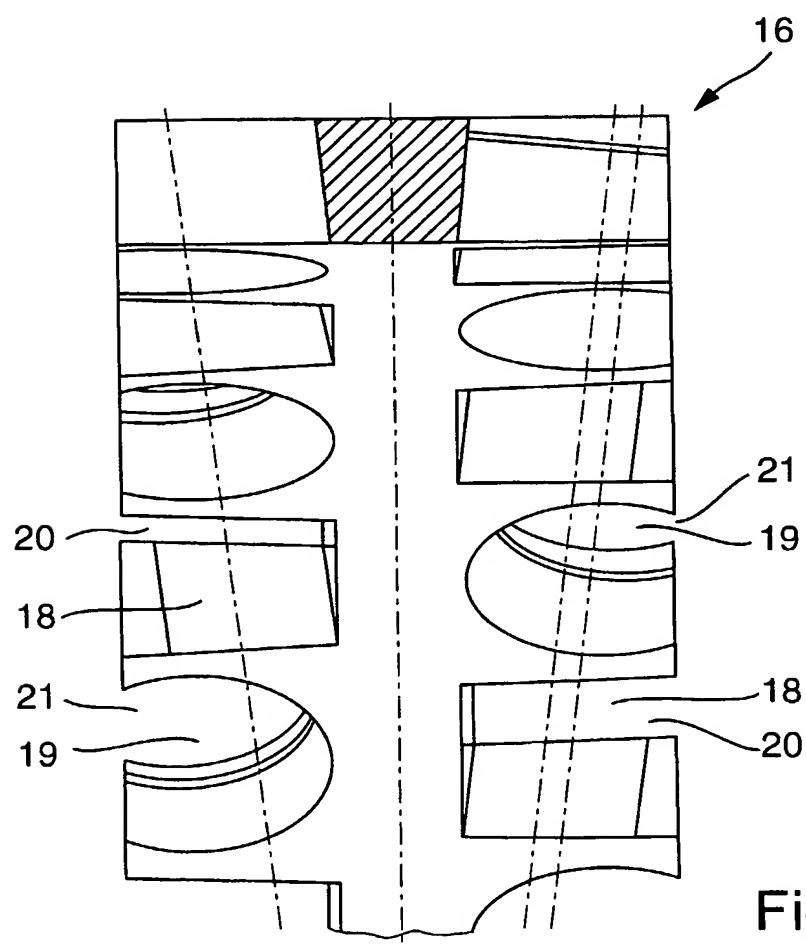


Fig. 4

3/5

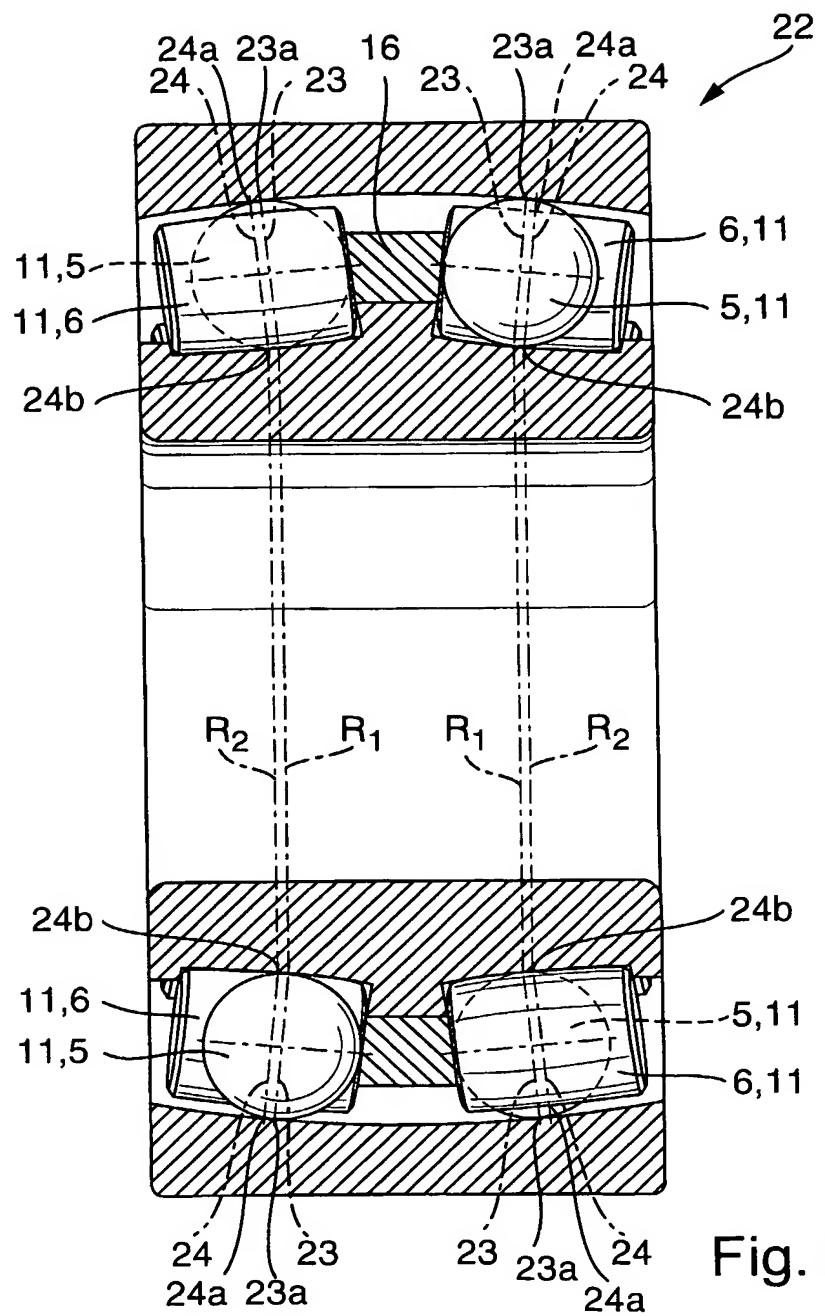


Fig. 5

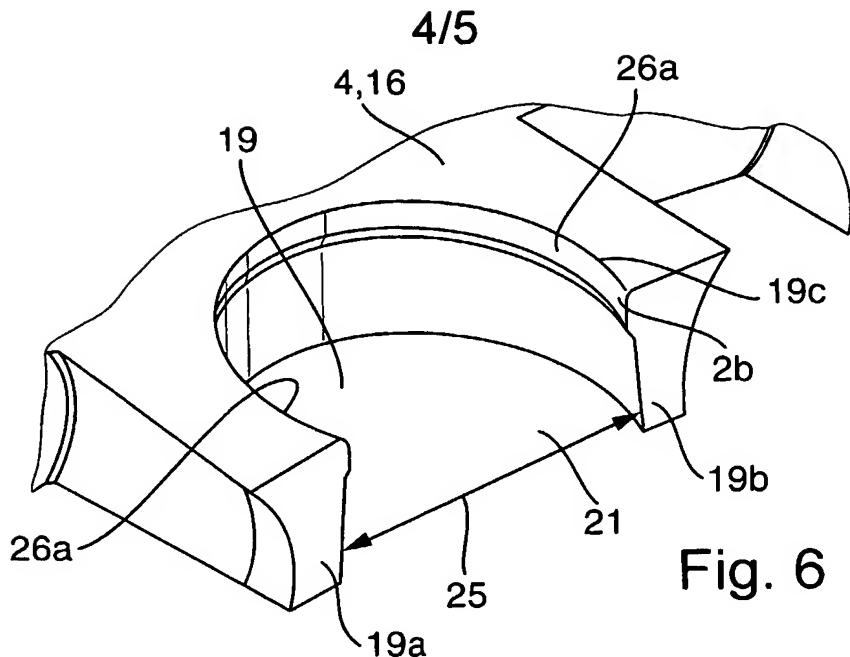


Fig. 6

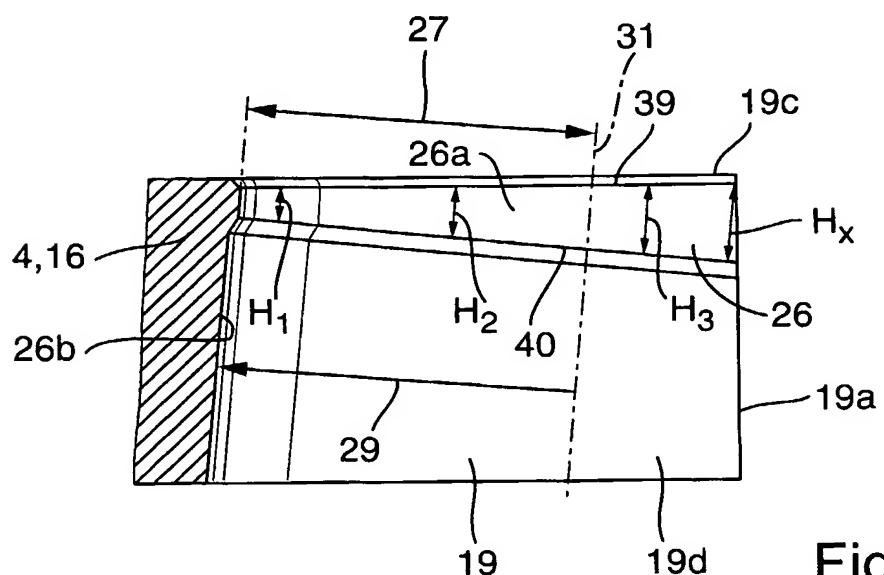


Fig. 7

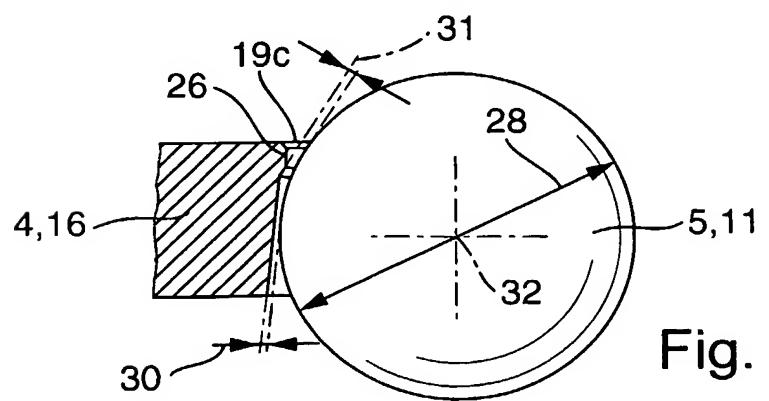


Fig. 8

5/5

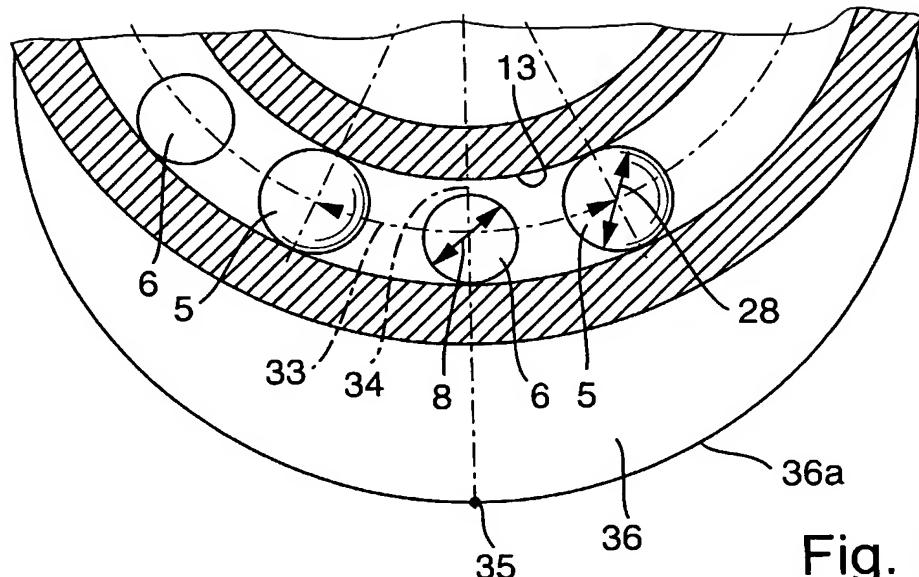


Fig. 9

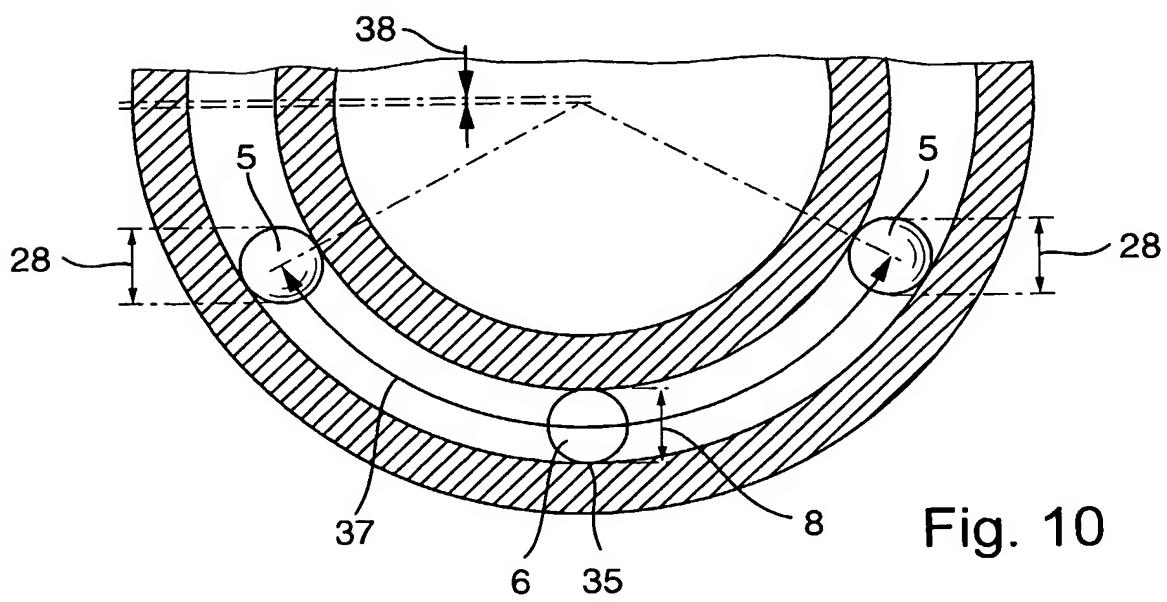


Fig. 10